

THE POSITIONING OF THE SPREADER RELATIVE TO THE CONTAINER USING ULTRASONIC SENSORS

I. V. Zub¹, Yu. E. Ezhov¹, V. L. Shchemelev²

¹ — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

² — Macro Group, Ltd., St. Petersburg, Russian Federation

Processes for the handling of containers — the main activity of the cargo terminal, where the most important current direction is to automate the handling process, which includes incoming inspection of the container, automation of the handling process, diagnostics of technical condition of handling equipment. Modern reloading machines have a high degree of automation. Along with automatic control of individual systems is shared diagnostics of the technical state of machines, remotely change operating parameters, enabling to increase the productivity without stopping the working cycle. The most important part of the process of transshipment of containers is the spreader. Existing automation systems allow spreader to detect the gaps between the containers, which improves the accuracy of container location at the storage location. The positioning of the spreader relative to the container when the gripper is an urgent task to ensure the security and automation of cargo handling operations at the container terminal. The developed experimental model positioning spreader is designed to complement existing security devices and automation of handling equipment control the buildup of freight, installation of cameras, laser sensors controlling the position of the container relative to other containers. The use of experimental models allows you to position the spreader over the container, which eliminates operator errors, speeds up the processing of vehicles, reduces the likelihood of damage to the container. Automated control systems allow you to carry the container on the safe path and just set it to a specified storage location through positional control, which increases the likelihood of trouble-free operation of the terminal.

Keywords: automation, cargo terminal, container handling equipment, spreader, safety handling processes, trouble-free operation, automation spreader, process, positioning.

For citation:

Zub, Igor V., Yurii E. Ezhov, and Viktor L. Shchemelev. "The positioning of the spreader relative to the container using ultrasonic sensors." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 30–38. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-30-38.

УДК 656.613: 656.614.35: 65.011.56

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ СПРЕДЕРА ОТНОСИТЕЛЬНО КОНТЕЙНЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ

И. В. Зуб¹, Ю. Е. Ежов¹, В. Л. Щемелёв²

¹ — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ООО «Макро ЕМС», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Технологические процессы по обработке контейнеров — основной вид деятельности грузового терминала, где наиболее приоритетным в настоящее время направлением является автоматизация перегрузочного процесса, которая включает входной контроль контейнера, автоматизацию процесса перегрузки и диагностику технического состояния перегрузочной техники. Современные перегрузочные машины имеют высокую степень автоматизации. Наряду с автоматическим управлением отдельными системами проводится общая диагностика технического состояния машин, дистанционно изменяются рабочие параметры, позволяющие увеличивать производительность, не прекращая рабочего цикла. Наиболее важным звеном технологического процесса перегрузки контейнеров является спредер. Имеющиеся системы автоматизации спредера позволяют обнаруживать зазоры между контейнерами, что повышает точность установки контейнера на место хранения. Позиционирование спредера относительно контейнера при его захвате является актуальной задачей для обеспечения безопасности и автомати-

зации перегрузочных работ на контейнерном терминале. Разработанная экспериментальная модель позиционирования спредера дополняет имеющиеся устройства и способы безопасности и автоматизации перегрузочной техники: контроль раскачки груза, установку камер наблюдения, лазерные датчики, контролирующие положение контейнера относительно других контейнеров. Использование экспериментальной модели позволяет позиционировать спредер над контейнером, что исключает ошибки оператора, ускоряет обработку транспортных средств и уменьшает вероятность повреждения контейнера. Системы автоматизированного управления позволяют пронести контейнер по безопасному пути и точно установить его на заданное место хранения посредством позиционного управления, что повышает вероятность безаварийной работы терминала.

Ключевые слова: автоматизация, грузовой терминал, контейнер, перегрузочная техника, спредер, безаварийная работа, технологический процесс, позиционирование.

Для цитирования:

Зуб И. В. Позиционирование спредера относительно контейнера с применением ультразвуковых датчиков / И. В. Зуб, Ю. Е. Ежов, В. Л. Щемелёв // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 30–38. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-30-38.

Введение (Introduction)

Контейнеризация грузов привела к созданию единого стандарта для грузовой тары и транспортных средств (ТС), что позволяет разрабатывать специальную перегрузочную технику (ПТ), автоматизировать её диагностику [1], процессы управления терминалом [2] и входной контроль контейнера с помощью системы OCR (Optical Character Recognition), а также регистрировать их номера [3]. Автоматизация погрузочно-разгрузочных работ — это не только время сокращения обработки ТС, но и важная составляющая конкурентоспособности терминала. В исследовании [4] показано, что клиенту очень важно, чтобы обработка ТС, в частности судна, производилась в планируемые сроки, что отражается на расписании работы судна.

Среди объектов терминала, подлежащих автоматизации, особую роль приобретает деятельность отдельного звена — *спредера*, что позволяет использовать внутренние структурные возможности звена как системы. Автоматизация спредера не затрагивает деятельность других подсистем ПТ, что сокращает расходы на модернизацию ПТ. Эти факторы дают возможность автоматизировать перегрузочный процесс, что приводит к сокращению времени простоя ТС под обработкой. Автоматизация позволяет контролировать перегрузочные процессы и сокращает долю участия в этом процессе оператора, что исключает риск ошибок человека в состоянии усталости или при воздействии других психофизиологических причин.

Автоматизация технологической операции наведения спредера на контейнер позволит ускорить процесс обработки транспортных средств. Поскольку данный процесс является циклическим, его можно запрограммировать. В настоящее время существуют автоматизированные терминалы, на которых, в частности, процесс погрузки / выгрузки с / на судно осуществляется при управлении ПТ. Такие терминалы обозначаются термином «полуавтоматические». Из всего терминального оборудования автоматизация ПТ менее всего развита [5]. Даже если ПТ оснащена автоматической системой, которая регулирует раскачку груза, отслеживает профиль контейнеров и выполняет другие операции, то оператор контролирует ее работу. Кроме того, существуют операции, которые выполняются вручную [6], [7]. Для сокращения времени обработки ТС необходимо точное позиционирование ТС и контейнера. Для этого на кране устанавливаются камеры, которые передают изображение для оператора на дисплей, что позволяет ему выбрать необходимый алгоритм действий.

Фирма-производитель «Вотта» разработала спредер с семью датчиками, которые обнаруживают зазоры между контейнерами. При обработке полученной информации спредер автоматически раздвигается или собирается для обработки, соответственно, 40- или 20-футового контейнера. Если существует опасность удара торцевой балкой спредера о контейнер, то спредер будет собран в исходное положение [8]. На некоторых моделях ПТ на тележках установлены

лазерные датчики, которые показывают положение перегружаемого контейнера относительно стоящего, что позволяет при постановке контейнера замедлить скорость движения и поставить без удара контейнер на место хранения или ТС [9]. В работе [10] рассмотрена система взвешивания, определяющая предельные значения груза по величине напряженности магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока.

На перегружателях на пневмоколесном ходу RTG устанавливается лазерная система, состоящая из двух лазерных сканеров и управляющего контроллера. Сканеры установлены на порталах перегружателей RTG. Задачей сканеров является посредством перевода в электронный вид (оцифровки) пространства под краном определить положение ТС или контейнера.

Автоматизация любого терминала требует замены оборудования и совместимости работы программного обеспечения ПТ. Предлагаемая в статье разработка позволяет автоматизировать только один процесс. Датчики, оборудование и программное обеспечение могут быть установлены на любом типе ПТ.

В работе рассмотрена разработка модели позиционирования спредера относительно контейнера с помощью ультразвуковых датчиков.

Целью работы является создание макета самостабилизирующегося спредера, а также описание алгоритма и принципа его работы. Предполагается, что внедрение данной разработки в практику позволит сократить время обработки контейнеров и, как следствие, уменьшить стоянку транспортных средств под грузовыми операциями. Уменьшение времени обработки транспортных средств позволяет увеличить календарный цикл проведения технического обслуживания перегрузочной техники, что способствует сокращению простоев техники в процессе технического обслуживания, и, соответственно, позволяет оптимизировать штатное расписание ремонтной службы терминала.

Методы и материалы (Methods and Materials)

На концах платформы модели установлены два ультразвуковых датчика. При подаче электропитания в сеть ультразвуковые датчики посылают сигнал. Ответный сигнал от поверхности контейнера поступает на микроконтроллер, где происходит считывание показаний. В блоке обработки данных полученная информация в виде длительности импульса обрабатывается и формируется переменная «Delta». Если импульс превышает установленный минимум, то на мотор подается сигнал, который приводит спредер в положение, параллельное контейнерам, что приводит к уравниванию импульсов и отключению мотора.

Для исключения ложных срабатываний вводятся следующие погрешности-ограничения, при которых сигнал не передается на мотор.

1. *Малые различия между значениями импульсов от датчиков* — первая погрешность, учитывающая неровности контейнера (рис. 1, а). В данном случае это может быть поврежденный контейнер. При наледи на контейнере в зимнее время датчики наледь «не видят» импульс отражается от ледяной корки.

На концах платформы модели установлено два ультразвуковых датчика [11]. При подаче электропитания в сеть ультразвуковые датчики посылают сигнал. Ответный сигнал от поверхности контейнера поступает на микроконтроллер, где происходит считывание показаний. В блоке обработки данных полученная информация в виде длительности импульса обрабатывается и формируется переменная «Delta». Если импульс превышает установленный минимум, то на мотор подается сигнал, который приводит спредер в положение, параллельное контейнерам, вследствие чего происходит уравнивание импульсов и отключение мотора.

2. *Слишком большие различия между импульсами датчиков* — вторая погрешность, которая учитывает ситуацию, когда спредер еще не наведен на контейнер, что исключает увеличение угла отклонения спредера от горизонта (рис. 1, б).

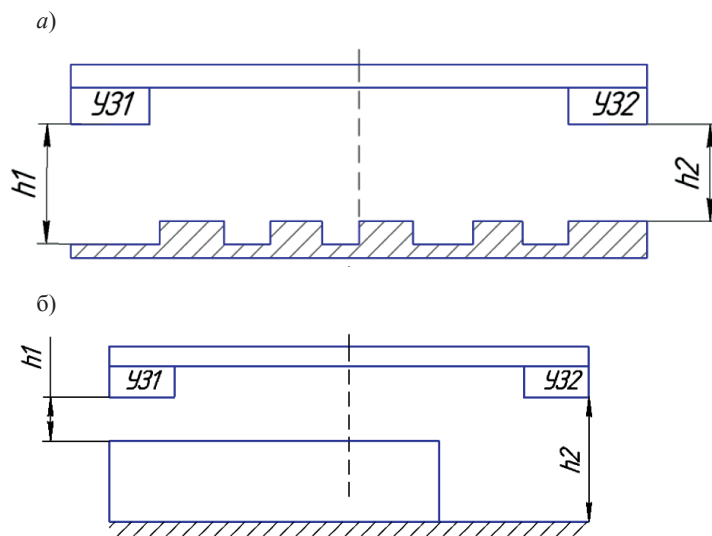


Рис. 1. Первая погрешность (а) и вторая погрешность (б) датчиков

Выбор частоты резонатора. Для работы с ультразвуковым датчиком используется прерывание, которое при изменении состояния логического уровня на выводе микроконтроллера «выводит» его из тела основной программы, и таймер TMR1, значение которого увеличивается на единицу при прохождении программой полного цикла.

Для того чтобы определить оптимальную частоту тактирования микроконтроллера, необходимо определить принцип работы используемых ультразвуковых датчиков. Принцип заключается в том, что после инициализации работы датчика он начинает посылать в течение определенного времени восемь равных ультразвуковых импульсов, которые отразившись от поверхности, принимаются этим же датчиком. До момента принятия последнего импульса датчик удерживает на линии высокий логический уровень (ВЛУ). Задача заключается в подсчете времени удержания датчиком ВЛУ ($T_{ВЛУ}$).

Затем необходимо полученное значение преобразовать в расстояние до объекта, используя формулу

$$S = T_{ВЛУ} / 58. \quad (1)$$

Так как $T_{ВЛУ}$ измеряется в микросекундах (мкс), необходимое условие тактирования микроконтроллера заключается в том, чтобы время цикла программы было равно 1 мкс.

Согласно технической документации на микроконтроллеры серии PIC16, программа проходит свой цикл за четыре такта резонатора:

$$F_{mk} = F_{osc} / 4. \quad (2)$$

Учитывая возможные варианты предделителя таймера TMR1, получим возможные частоты:

- предделитель 1:1 — частота резонатора 4 МГц;
- предделитель 1:2 — частота резонатора 8 МГц;
- предделитель 1:4 — частота резонатора 16 МГц;
- предделитель 1:8 — частота резонатора 32 МГц (не поддерживается выбранным микроконтроллером).

Учитывая, что на более низкой частоте потребление тока микроконтроллером ниже, выбираем $F = 4$ МГц.

Описание электрической схемы. Питание электрической схемы (рис. 2) осуществляется постоянным / выпрямленным напряжением 12 – 24 В. При помощи стабилизаторов напряжение питания делится на 5 В и 12 В (5 В питают все слаботочные элементы цепи, такие как дисплей, микроконтроллер и два ультразвуковых датчика, 12 В питают электродвигатель).

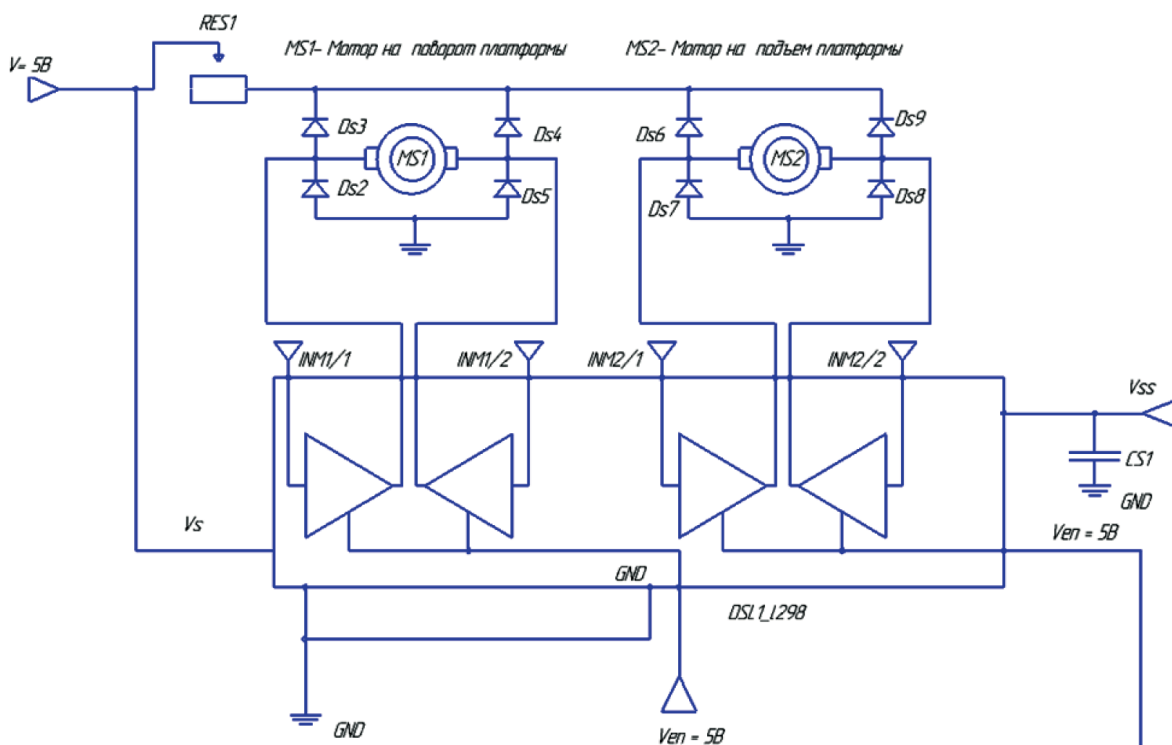


Рис. 2. Электрическая схема

Дисплей объединен с микроконтроллером 4-битным соединением. Переменные резисторы позволяют изменять интенсивность подсветки дисплея и контрастность отображенного текста. Светодиод, подключенный к микроконтроллеру, играет роль индикатора выполнения программы и введен в схему для выявления возможного выхода из строя микроконтроллера. Каждый раз при уходе программы в прерывание светодиод гаснет, а при возвращении в основное тело программы загорается.

Схема питания электромотора реализована следующим образом. В схему введен двухмостовой драйвер управления электродвигателями L298. В режиме ожидания на выводе «En» питание отсутствует. Подача питания на вывод «En» разрешает вращение мотора, а наличие напряжения на выводах «In1» или «In2» задает направление вращения мотора.

Описание программной части. Программа написана на языке «С» и состоит из трех частей: предварительная настройка, основное тело программы, подпрограмма прерываний.

1. *Предварительная настройка.* В данной части программы происходит подключение необходимых библиотек для работы с микроконтроллером, настройка конфигурирующих битов микроконтроллера, назначение портов вывода для работы с дисплеем, создание подпрограммы для конфигурации регистров микроконтроллера и объявление переменных и массивов.

2. *Основное тело программы.* В данном теле программы происходит отработка подпрограммы конфигурации регистров. Дополнительно в теле производится настройка прерываний от периферийных устройств, выбор активного фронта прерываний, сброс всех флагов прерываний и счетчиков таймера, а также инициализация дисплея с выводом на него сообщения.

После одноразового выполнения всех описанных ранее операций программа уходит в «вечный» цикл. Сделано это для того, чтобы каждый раз не производить конфигурацию микроконтроллера. В цикле происходит основная работа программы: снятие показаний с датчиков расстояния, формирование переменной Delta и подача импульса нужной полярности для вращения электромотора.

3. *Подпрограмма прерываний.* Для корректности показаний, снятых с датчиков расстояния, необходимо, чтобы во время подсчета временного интервала удержания датчиком ВЛУ микро-

контроллер не был занят другими процессами. Поэтому обнаружив сигнал от датчика, микроконтроллер переходит в подпрограмму прерывания. В этой подпрограмме отрабатывается цикл, в котором работает счетчик таймера. Как только датчик расстояния «отпускает» линию, в подпрограмме прерывания происходит подсчет и перевод полученных значений в сантиметры.

4. Подпрограмма «Стоп». При наведении грузозахватного органа на груз необходимо контролировать правильность позиционирования (рис. 3). При неправильном позиционировании необходимо запретить движение грузозахватного органа по оси OY , оставляя возможность движения по оси OX .

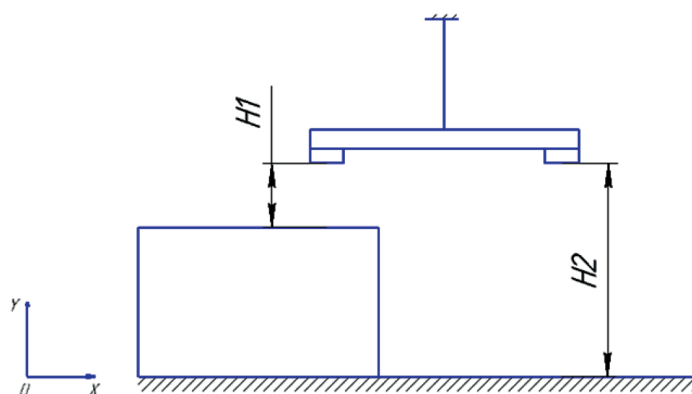


Рис. 3. Некорректное позиционирование спредера

Для реализации поставленной задачи, заключающейся в правильности позиционирования, разработана подпрограмма, которая при выполнении ряда условий блокирует возможность перемещения грузозахватного органа по оси OY .

Для выполнения подпрограммы должны выполняться следующие условия:

- 1) $H1 \leq 0,15$ м; 2) $H2 \geq 0,15$ м; 3) $dH \geq 2,7$ м,

где $H1$ — показания измерения датчика $У31$; $H2$ — показания датчика $У32$; dH — разность показаний между $H1$ и $H2$.

Причем должно выполняться условие 1 или условие 2 и условие 3.

Электрическая часть

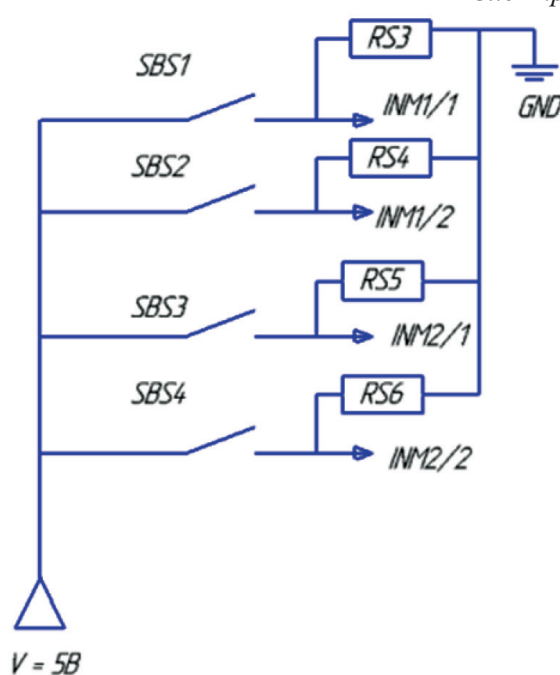


Рис. 4. Схема пульта управления

подпрограммы «Стоп»

Для проверки корректности работы подпрограммы «Стоп» добавлено два мотора, один из которых перемещает захват по оси OX , второй по оси OY . Управление моторами производится через двухмостовой драйвер моторов L298 [12].

Моторы приводятся в движение при помощи пульта управления (рис. 4), представляющего собой четыре кнопки, каждая из которых выполняет свою функцию:

- $SBS1$ — поворот влево;
- $SBS2$ — поворот вправо;
- $SBS3$ — подъем вверх;
- $SBS4$ — опускание вниз.

Разрешение / запрет перемещения грузозахватного органа по оси OY производится посредством реле $KS1$, которое управляется микроконтроллером PIC16F877A [13].

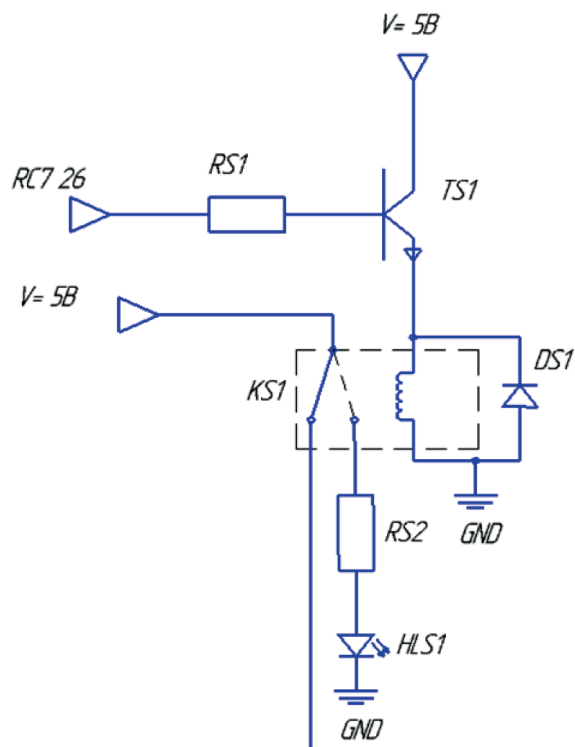


Рис. 5. Релейная схема разрешения / запрета перемещения по оси *OY*

В рабочем состоянии реле замыкает цепь питания мотора V-Ven, тем самым разрешая перемещение захвата по оси *OY* (рис. 5). При отработке подпрограммы «Стоп» микроконтроллер посылает управляющий импульс, тем самым размыкая цепь питания мотора V-Ven и запрещая движение по оси *OY*. Управляющий сигнал идет не напрямую к реле, а через транзисторный ключ, чтобы уменьшить нагрузку на вывод микроконтроллера. Диод *DS1* выполняет защитную функцию. При размыкании транзисторного ключа *TS1* в катушке *KS1* возникает ЭДС самоиндукции. Чтобы транзистор не вышел из строя, в цепи параллельно катушке *KS1* установлен диод.

Результаты (Results)

Разработана экспериментальная модель позиционирования спредера относительно контейнера с помощью ультразвуковых датчиков. В результате создан макет самостабилизирующегося спредера, описан алгоритм и принцип работы устройства при перегрузке контейнеров на грузовых терминалах. Внедрение данной разработки в практику позволит сократить время обработки контейнеров и, как следствие, уменьшить стоянку транспортных средств под грузовыми операциями. Использование самостабилизирующегося спредера позволит более точно позиционировать спредер над контейнером, что даст возможность уменьшить возможные ошибки оператора и снизить вероятность повреждения контейнера.

Заключение (Conclusion)

Технологические процессы по обработке контейнеров — основной вид деятельности грузового терминала, где в настоящее время наиболее приоритетным направлением является автоматизация перегрузочного процесса. Современные перегрузочные машины имеют высокую степень автоматизации, которая позволяет увеличивать производительность, не прекращая рабочего цикла. Дальнейшая работа, направленная на автоматизацию отдельных звеньев систем перегрузочных машин, дает возможность постоянно улучшать технологический процесс. Подход, при котором система автоматического управления звеном коррелирует с программным обеспечением системы, позволяет постоянно модернизировать перегрузочную технику при минимальных затратах.

Разработанная экспериментальная модель позиционирования спредера при её реализации позволит дополнить имеющиеся устройства безопасности и автоматизации перегрузочной техники, тем самым повысив эффективность работы перегрузочной техники в течение технологического процесса. Реализация разработки не требует изменения конструкции используемой на термине техники и может быть установлена в любой период эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежов Ю. Е. Имитационная модель на основе сетей Петри как средство диагностики перегрузочной техники / Ю. Е. Ежов, И. В. Зуб, С. С. Соколов // Речной транспорт (XXI век). — 2016. — № 4 (80). — С. 52–58.
2. Зуб И. В. Моделирование функционирования транспортного терминала вложенными сетями Петри / И. В. Зуб, Ю. Е. Ежов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 2 (36). — С. 41–48. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-41-48.
3. Hughes A. Automate the date? / A. Hughes // Port Strategy. — November, 2005. — Pp. 32–35.
4. Lu J. An Empirical Study of Container Terminal's Service Attributes / J. Lu, X. Gong, L. Wang // Journal of Service Science and Management. — 2011. — Vol. 4. — № 01. — Pp. 97–109. DOI:10.4236/jssm.2011.41013.
5. Martin-Soberon A. M. Automation in port container terminals / A. M. Martin-Soberon, A. Monfort, R. Sapina, N. Monterde, D. Calduch // Procedia — Social and Behavioral Sciences. — 2014. — Vol. 160. — Pp. 195–204. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.131.
6. Lindeberg E. Improving the operational performance of STS cranes / E. Lindeberg // Port Technology International Journal. — 14, February, 2011. — Pp. 56–59.
7. Bryfors U. Embracing automation / U. Bryfors // Port Technology International Journal. — February, 2014. — Pp. 36–39.
8. Zrnic N. Automation of Ship-To-Shore container cranes: a review of State-of-the-Art / N. Zrnic, Z. Petkovic, S. Bosnjak // FME Transactions. — 2005. — Vol. 33. — Br. 3. — Pp. 111–121.
9. TMEIC, «Crane Control and Automation. Global Solutions», TMEIC Corporation, 2011 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.tmeic.com/Repository/Others/TMEIC%20Crane%20Control%20and%20Automation%20A4.pdf> (дата обращения: 07.11.2017).
10. Дубровин Л. М. Контроль грузов на подъёмно-транспортных машинах / Л. М. Дубровин, А. П. Никишечкин, В. И. Давыденко // Мир транспорта. — 2016. — Т. 14. — № 3 (64). — С. 98–105.
11. Ultrasonic Ranging Module HC – SR04 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (дата обращения: 02.03.2017).
12. Dual full-bridge driver [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lib.chipdip.ru/142/DOC000142991.pdf> (дата обращения: 06.03.2017).
13. Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology – PIC16F628A [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf> (дата обращения: 06.03.2017).

REFERENCES

1. Ezhov, Yu.E., I.V. Zub, and S.S. Sokolov. "Imitatsionnaya model' na osnove setei Petri kak sredstvo diagnostiki peregruzochnoi tekhniki." *Rechnoi transport (XXI vek)* 4(80) (2016): 52–58.
2. Zub, Igor Vasilevich, and Yyri Evgenevich Ezhov. "Modeling of functioning of the transport terminal nested petri nets." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 2(36) (2016): 41–48. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-41-48.
3. Hughes, A. "Automate the date?" *Port Strategy* November (2005): 32–35.
4. Lu, Jing, Xiaoxing Gong, and Lei Wang. "An empirical study of container terminal's service attributes." *Journal of Service Science and Management* 4.01 (2011): 97–109. DOI:10.4236/jssm.2011.41013.
5. Martin-Soberon, Ana Maria, Arturo Monfort, Rafael Sapina, Noemi Monterde, and David Calduch. "Automation in port container terminals." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 160 (2014): 195–204. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.131.
6. Lindeberg, E. "Improving the operational performance of STS cranes." *Port technology international. Journal* 14 February (2011): 56–59.

7. Bryfors, U. "Embracing automation." *Port Technology International Journal* February (2014): 36–39.
8. Zrnić, Nenad, Zoran Petković, and Srđan Bošnjak. "Automation of ship-to-shore container cranes: A review of state-of-the-art." *FME Transactions* 33.3 (2005): 111–121.
9. TMEIC, «Crane Control and Automation. Global Solutions», TMEIC Corporation, 2011. Web 7 Nov. 2017 <<http://www.tmeic.com/Repository/Others/TMEIC%20Crane%20Control%20and%20Automation%20A4.pdf>>.
10. Dubrovin, Lev M., Anatoly P. Nikishechkin, and Vladimir I. Davydenko. "Cargo control on handling machinery." *Mir transporta* 14.3(64) (2016): 98–105.
11. Ultrasonic Ranging Module HC – SR04. Web. 2 March 2017 <<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>>.
12. Dual full-bridge driver. Web. 6 March 2017 <<https://lib.chipdip.ru/142/DOC000142991.pdf>>.
13. Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology — PIC16F628A. Web. 6 March 2017 <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зуб Игорь Васильевич —

кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: zubiv@gumrf.ru

Ежов Юрий Евгеньевич —

кандидат технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: ezhovye@gumrf.ru

Щемелев Виктор Леонидович —

ведущий инженер направления
«Контрактное производство»
ООО «Макро ЕМС»
196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Свеаборгская, 12, пом. 3Н
e-mail: Viktor.Shchemelev@macrogroup.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zub, Igor V. —

PhD
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: zubiv@gumrf.ru

Ezhov, Yurii E. —

PhD, professor
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: ezhovye@gumrf.ru

Shchemelev, Viktor L. —

Leading Engineer in the
"Contract Manufacturing"
Macro Group, Ltd.
12 Sveaborgskaya Str., St. Petersburg, 196105,
Russian Federation
e-mail: Viktor.Shchemelev@macrogroup.ru

*Статья поступила в редакцию 29 декабря 2017 г.
Received: December 29, 2017.*